University of Tehran

Journal of Forest and Wood Products

Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jfwp.ut.ac.ir

Annual and seasonal precipitation characteristics in the Saharo-Sindian vegetation region

Saeede Salehi Vaziri[1] | Pedram Attarod[2] ✉| Shahram Khalighi Sigaroodi[3] | Hamid Soofi Mariv[4]

1. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: s.salehi.vaziri@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: attarod@ut.ac.ir
3. Department of Reclamation of Arid and Mountainous Region, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: khalighi@ut.ac.ir
4. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: soofi@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 02 January 2024
Revised: 15 February 2024
Accepted: 27 April 2024
Published online: 04 June 2024

Keywords:
Mann-Kendall,
Meteorological stations,
Precipitation event.
Trending.

ABSTRACT

In the present study, we detected the characteristics of precipitation (the amount and the number of events) in the Saharo-Sindian vegetation region located in the south and southeast of Iran over the last three decades. Daily precipitation data during 1987-2019, recorded by eighteen meteorological stations were analyzed. The Mann-Kendall (MK) test was used for trend analysis. Over the past thirty-three years, the mean annual precipitation was 214 mm (SD: 61 mm). Mean maximum and minimum yearly precipitations were recorded in Dogonbadan (439 mm) and Iranshahr (109 mm), respectively. Out of the eighteen stations, only two stations, Ramhormoz and Kish Island, showed significant annual precipitation trends (11% of the total trends). During 33 years, a total of 17275 events (mean event: 7.5 mm; SD: 6.9 mm) were recorded in the stations. The correlation coefficient (r) between the amount of precipitation and the number of events varied from 0.41 to 0.86 (mean: 0.67; SD: 0.13). We found that 83% of the mean annual precipitation occurred during the autumn and winter seasons. The highest and lowest yearly precipitations fell within the 20-40 mm (21%, 45 mm) and over 40 mm (30%, 64 mm) classes, respectively. Over the past three decades, the mean number of dry days per year was 336. Any changes in precipitation characteristics severely impact the vulnerable forest ecosystems in the Saharo-Sindian vegetation region.

Cite this article: Salehi Vaziri, S., Attarod, P., Khalighi Sigaroodi, S., Soofi Mariv, H. (2024). Annual and seasonal precipitation characteristics in the Saharo-Sindian vegetation region. *Journal of Forest and Wood Products*, 77 (1), 1-11. DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.369765.1277

© The Author(s) **Publisher:** The University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.369765.1277

دانشگاه تهران

نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب

سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

مشخصه‌های بارش سالانه و فصلی در ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی

سعیده صالحی وزیری[۱] | پدرام عطارد[۲*] | شهرام خلیقی سیگارودی[۳] | حمید صوفی مریو[۴]

۱. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: s.salehi.vaziri@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: attarod@ut.ac.ir

۳. گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: khalighi@ut.ac.ir

۴. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: soofi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۱۵

کلیدواژه:

ایستگاه هواشناسی،

رخداد بارش،

روندیابی،

من‌کندال.

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، بررسی مشخصه‌های بارش شامل مقدار و تعداد رخدادهای بارش در ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی در سه دههٔ اخیر بود. با استفاده از داده‌های بارش روزانهٔ ۳۳ ساله (۱۳۹۸–۱۳۶۶) ۱۸ ایستگاه هواشناسی همدیدبانی در این ناحیهٔ رویشی، مقدار بارش و تعداد رخداد بارش سالانه ارزیابی و از آزمون من‌کندال برای معنی‌داری روندهای سالانه و فصلی استفاده شد. در دورهٔ ۳۳ ساله، میانگین بارش سالانه در ناحیهٔ صحارا–سندی، ۲۱۴ میلی‌متر (انحراف معیار ۶۱ میلی‌متر) بود. بیشترین میانگین بارش سالانه در ایستگاه دوگنبدان (۴۳۹ میلی‌متر) و کمترین آن در ایستگاه ایرانشهر (۱۰۹ میلی‌متر) ثبت شد. از ۱۸ ایستگاه این ناحیه، تنها در دو ایستگاه رامهرمز و جزیرهٔ کیش (۱۱ درصد از کل روندها)، بارش سالانه روند معنی‌داری نشان داد. در طول ۳۳ سال، در ایستگاه‌های ناحیهٔ صحارا–سندی، درمجموع، ۱۷۲۷۵ رخداد (میانگین رخداد ۷/۵ میلی‌متر و انحراف معیار ۶/۹ میلی‌متر) ثبت شد. ضریب همبستگی (r) مقدار بارش و تعداد رخداد سالانه، از ۰/۴۱ تا ۰/۸۶ (میانگین: ۰/۶۷ و انحراف معیار ۰/۱۳ میلی‌متر) متغیر بود. نتایج نشان داد که ۸۳ درصد از بارش سالانه، در فصول پاییز و زمستان رخ داده است. بیشترین و کمترین درصد بارش سالانه به‌ترتیب در طبقه‌های ۴۰–۲۰ میلی‌متر (۲۱ درصد، ۴۵ میلی‌متر) و بیش از ۴۰ میلی‌متر (۳۰ درصد، ۶۴ میلی‌متر) رخ داده بود. در طی سال‌های مورد مطالعه، میانگین تعداد روز خشک سال در این ناحیهٔ رویشی، ۳۳۶ روز بود. هر گونه تغییر در مشخصه‌های بارش، به‌طور مستقیم بر بوم‌سازگان‌های جنگلی آسیب‌پذیر این ناحیهٔ رویشی، تأثیرگذار است.

استناد: صالحی وزیری، سعیده؛ عطارد، پدرام؛ خلیقی سیگارودی، شهرام؛ صوفی مریو، حمید (۱۴۰۳). مشخصه‌های بارش سالانه و فصلی در ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی. *نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۷۷ (۱)، ۱۱–۱. DOI:http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.369765.1277

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.369765.1277

۱. مقدمه

جنگل‌ها و جوامع وابسته به آن‌ها می‌توانند تحت تأثیر تغییرات مشخصه‌های بارش و خشکسالی قرار گیرند. دانشمندان معتقدند در پی افزایش جمعیت جهان و فعالیت‌های صنعتی، استفاده از سوخت‌های فسیلی، موجب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است که این امر با تغییر پارامترهای اقلیمی همراه بوده و سبب تأثیر قابل توجهی بر شدت، مقدار و نوع بارش و به‌دنبال آن افزایش شدت و فراوانی سیل‌ها و خشکسالی‌ها شده است [۱، ۲، ۳، ۱۲، ۱۳].

پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که در بسیاری از مناطق دنیا، تغییرات اقلیمی با تغییر در بارش و کاهش مقدار آن، سبب از بین رفتن پوشش‌های جنگلی شده است [۴]. مدل‌های تغییر اقلیم نشان می‌دهند اگر انتشار کربن کاهش نیابد، در پی افزایش دما، چرخهٔ بارش نیز تغییر خواهد کرد [۵] و بر اثر تغییرات ایجاد شده در بارش، بی‌نظمی‌های زیادی در چرخهٔ فصول طبیعی رخ می‌دهد و این تغییر فصل، طول دورهٔ رشد گیاهان و متعاقب آن، افزایش یا کاهش نیاز آبی گیاهان را در پی خواهد داشت [۶].

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بخش زیادی از بارش به‌صورت باران‌ربایی از دسترس درختان و پوشش گیاهی خارج می‌شود، به‌طوری‌که تغییر در رخدادهای بارش، با مقدار باران‌ربایی جنگل‌ها رابطه دارد. در صورت کوچک شدن رخدادهای بارش، مقدار باران‌ربایی نیز افزایش می‌یابد [۷].

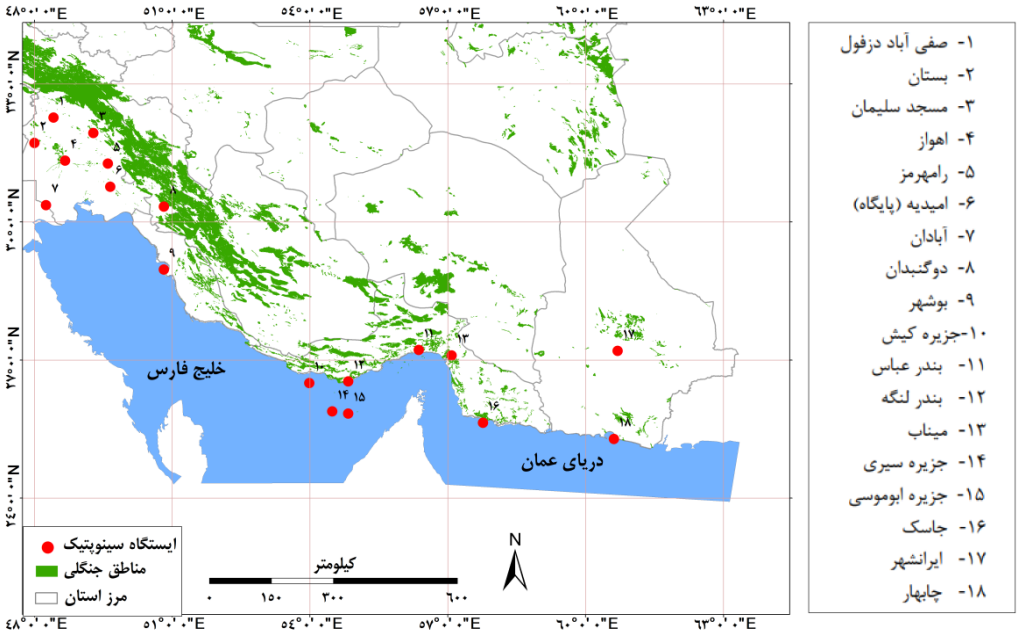
ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است؛ بنابراین بارش کم و پتانسیل تبخیر و تعرق زیاد، از ویژگی‌های آن است [۸]. بارش به‌عنوان مهم‌ترین عنصر اقلیمی در کشور، به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و توزیع زمانی و مکانی غیر یکنواخت، دارای پیچیدگی‌های زیادی است. بنابراین، در کشورهایی مانند ایران که با کمبود آب مواجه هستند، تغییر در توزیع و زمان نزولات جوی، اثرات مخرب بسیاری در پی خواهد داشت [۹]. به‌دلیل خشک بودن کشور، مساحت جنگل‌ها کم است و وابستگی جنگل به بارش بسیار زیاد است. ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی در جنوب ایران، حدود ۲ میلیون هکتار مساحت دارد و از سطح دریاهای آزاد تا حدود ۲۰۰ متری امتداد می‌یابد [۱۰]. بیشتر بارش‌ها در این ناحیه به فصل زمستان محدود شده و در اغلب نقاط از ۱۰۰ میلی‌متر در سال تجاوز نمی‌کند و بیشتر ایام سال را بدون بارندگی می‌گذرانند. تابستان‌های طولانی و گرم و خشک و بارش‌های سیل‌آسا و نامنظم، از ویژگی‌های این ناحیه رویشی است. در بخش‌های شرقی، بارش کمتر از بخش‌های غربی است، ولی منظم‌تر و در عرض منطقه پراکنده است که باعث ایجاد فلور غنی‌تر شده است. با توجه به شرایط اقلیمی نامساعد این ناحیهٔ رویشی، در مقایسه با نواحی رویشی هیرکانی و ارسبارانی، تنوع گونه‌ای کمتر است [۱۰، ۱۱].

با توجه به اهمیت توزیع پراکنش بارش برای رشد جنگل‌ها و پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی و نیز جوامع وابسته به جنگل‌ها، شناخت چگونگی روند تغییرات بارش، مورد توجه پژوهشگران علوم هیدرولوژی قرار گرفته است [۵] و این در حالی است که روند مشخصه‌های رخدادهای بارش و نیز روند تغییرات زمانی آن‌ها در ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی، به‌طور جدی در کشور مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی تغییرات درازمدت مشخصه‌های رخدادهای بارش در ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی در جنوب کشور بود.

۲. روش شناسی پژوهش

۲-۱. منطقهٔ پژوهش و داده‌های هواشناسی

در این پژوهش، به‌منظور بررسی روند تغییرات رخدادهای بارش، داده‌های روزانه بارش بلندمدت ۳۳ ساله (۱۳۶۶ تا ۱۳۹۸) بارش ۱۸ ایستگاه هواشناسی همدیدبانی (شکل ۱ و جدول ۱) در سراسر ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی پس از کنترل کیفیت، تجزیه و تحلیل شد. مشخصات بارش شامل مقدار بارش (بیشتر از ۰/۱ میلی‌متر) و تعداد رخدادهای بارش در مقیاس‌های فصلی و سالانه، تجزیه و تحلیل آماری شدند.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی همدیدبانی در ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی

جدول ۱. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی همدیدبانی در ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی

ایستگاه همدیدبانی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
آبادان	۶/۶	۳۰°۲۲'	۴۸°۱۵'
جزیره ابوموسی	۶/۶	۲۵°۵۰'	۵۴°۵۰'
اهواز	۲۲/۵	۳۱°۲۰'	۴۸°۴۰'
امیدیه (پایگاه)	۳۴/۹	۳۰°۴۶'	۴۹°۳۹'
ایرانشهر	۵۹۱/۱	۲۷°۱۲'	۶۰°۴۲'
بندرعباس	۹/۸	۲۷°۱۳'	۵۶°۲۲'
بندر لنگه	۲۲/۷	۲۶°۳۲'	۵۴°۵۰'
بستان	۷/۸	۳۱°۴۳'	۴۸°۰۰'
بوشهر	۹	۲۵°۵۸'	۵۰°۴۹'
جاسک	۵/۲	۲۵°۳۸'	۵۷°۴۶'
چابهار	۸	۲۵°۱۷'	۶۰°۳۷'
دوگنبدان	۷۲۶	۳۰°۲۰'	۵۰°۴۹'
رامهرمز	۱۵۰/۵	۴۹°۳۶'	۳۱°۱۶'
صفی‌آباد دزفول	۸۲/۹	۳۲°۱۶'	۴۸°۲۵'
جزیره سیری	۴/۴	۲۵°۵۳'	۵۴°۲۹'
جزیره کیش	۳۰	۲۶°۳۰'	۵۳°۵۹'
مسجد سلیمان	۳۲۰/۵	۳۱°۵۶'	۴۹°۱۷'
میناب	۲۹/۶	۲۷°۰۶'	۵۷°۰۵'

۲–۲. روندیابی

برای تعیین روند بارندگی در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد از آزمون من‌کندال استفاده شد. در تحلیل سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی، با انجام آزمون آماری من‌کندال به‌صورت دقیق و علمی مشخص می‌شود که می‌توان روند را به‌عنوان روندی معنی‌دار صعودی یا نزولی پذیرفت یا خیر. فرضیهٔ صفر در این آزمون برابر است با عدم وجود روند یکنواخت و فرضیهٔ دیگر این است که یک روند (مثبت یا منفی) وجود دارد. در صورتی‌که مقدار آمارهٔ من‌کندال (Z) مثبت باشد، سری داده‌ها دارای روند افزایشی خواهد بود و اگر مقدار آن منفی باشد، بیانگر روند کاهشی در روند سری داده‌ها است. اگر قدرمطلق آمارهٔ من‌کندال در سطح معنی‌داری

۹۵ و ۹۹ درصد به‌ترتیب بزرگ‌تر از ۱/۹۶ و ۲/۵۸ باشد، فرض اول رد شده است و سری زمانی مورد مطالعه، دارای روند معنی‌دار در سطوح مشخص است. از مزایای این روش می‌توان به وابسته نبودن به توزیع آماری خاص و اثر پذیری ناچیز از مقادیر حدی اشاره کرد [۵]. کلیهٔ تجزیه و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار اکسل نسخهٔ ۲۰۱۶ صورت گرفت.

۳.یافته‌های پژوهش

۳-۱. بارش و رخدادهای سالانه

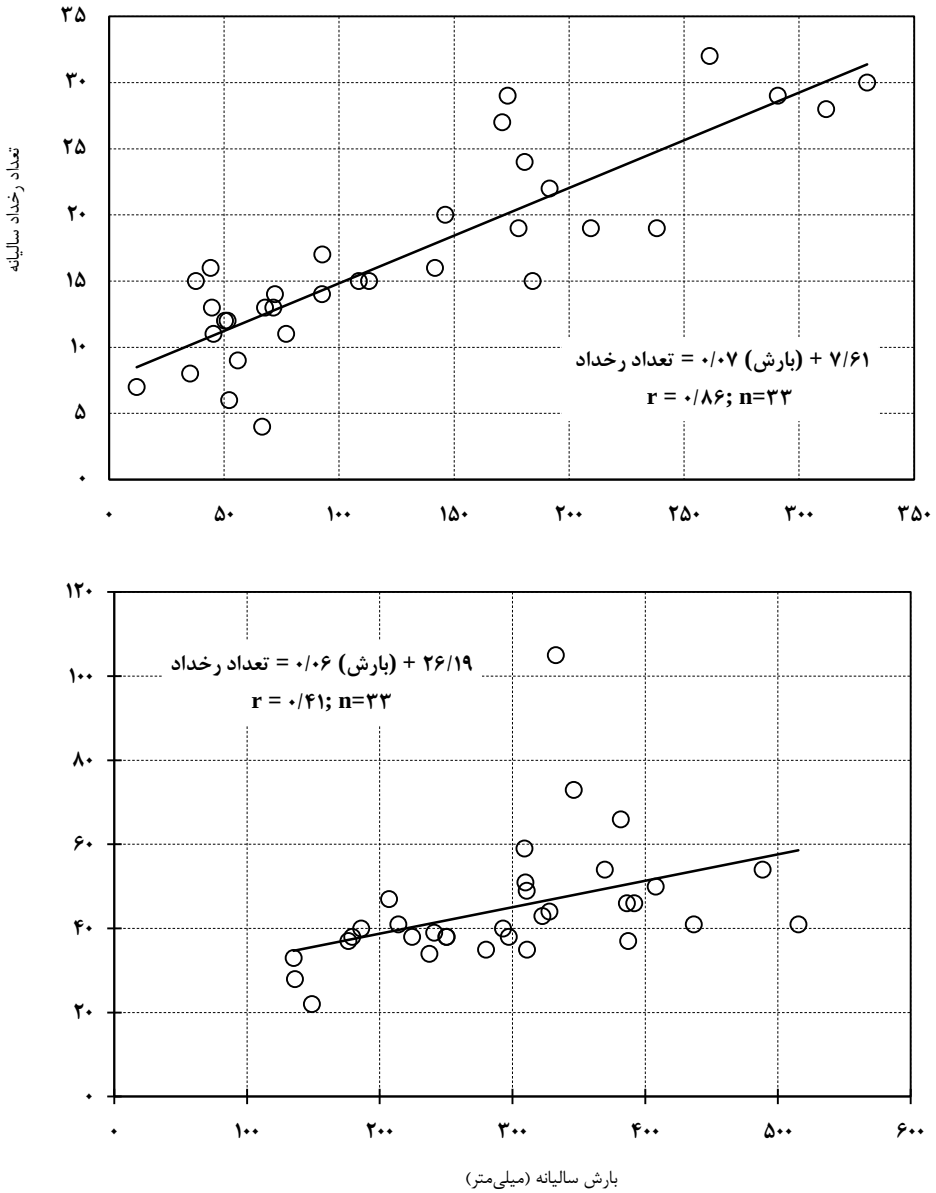
بررسی میانگین بارش طی دورهٔ آماری ۳۳ ساله (۱۳۶۶ تا ۱۳۹۸) نشان داد که در ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی، بیشترین میانگین بارش سالانه مربوط به ایستگاه دوگنبدان (۴۳۹ میلی‌متر) و کمترین آن مربوط به ایستگاه ایرانشهر (۱۰۹ میلی‌متر) می‌باشد. بیشینه و کمینهٔ بارش سالانه در دوره به‌ترتیب ۳۹۳ میلی‌متر (در سال ۱۳۷۶) و ۹۱ میلی‌متر (در سال ۱۳۸۹) بود (جدول ۲). در طی این دورهٔ آماری، بیشترین اختلاف بین حداقل و حداکثر بارش سالانه، در ایستگاه بوشهر (۶۳۸ میلی‌متر) و کمترین اختلاف در ایستگاه ایرانشهر (۲۰۱ میلی‌متر) ثبت شد (جدول ۲). بیشترین میانگین تعداد رخداد سالانه در مسجد سلیمان (۴۷ رخداد) و کمترین در چابهار (۱۱ رخداد) بود. در بازهٔ مورد مطالعه، در ۱۸ ایستگاه ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی، در مجموع ۱۷۲۷۵ بارش رخ داده بود (میانگین اندازهٔ رخداد: ۷/۵ میلی‌متر و انحراف معیار: ۶/۹ میلی‌متر). بیشترین تعداد رخداد در مسجد سلیمان (۱۵۵۳ رخداد) و کمترین در چابهار (۳۷۸ رخداد) ثبت شد. میانگین اندازهٔ رخداد سالانه در این ناحیهٔ رویشی، بین ۱۰ میلی‌متر در چابهار و میناب و ۵ میلی‌متر در آبادان، ایرانشهر و بستان متغیر بود. بزرگ‌ترین رخداد بارش نیز در طی این دورهٔ آماری در ایستگاه رامهرمز (۱۷۳ میلی‌متر در سال ۱۳۷۳) ثبت شد. (جدول ۲). در مجموع، میانگین بارش سالانه در ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی، ۲۱۴ میلی‌متر (انحراف معیار ۶۱ میلی‌متر) بود (جدول ۲). در سراسر ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی، ۲۸ درصد از رخدادهای بارش (۴۸۲۲ رخداد)، بزرگ‌تر از میانگین رخداد (۷/۵ میلی‌متر) بودند. آزمون من‌کندال نشان داد که روند درازمدت بارش سالانه تنها در دو ایستگاه رامهرمز (آماره من‌کندال: ۲/۳-) و جزیرهٔ کیش (آماره من‌کندال: ۲/۶-)، معنی‌دار کاهشی بود. روند تعداد رخداد سالانه نیز فقط در ایستگاه رامهرمز (آماره من‌کندال: ۳/۳-)، معنی‌دار کاهشی گزارش شد.

جدول ۲. مشخصه بارش و رخدادهای سالانه در ایستگاه‌های هجده‌گانهٔ ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی در دورهٔ ۳۳ ساله (۱۳۹۸-۱۳۶۶)

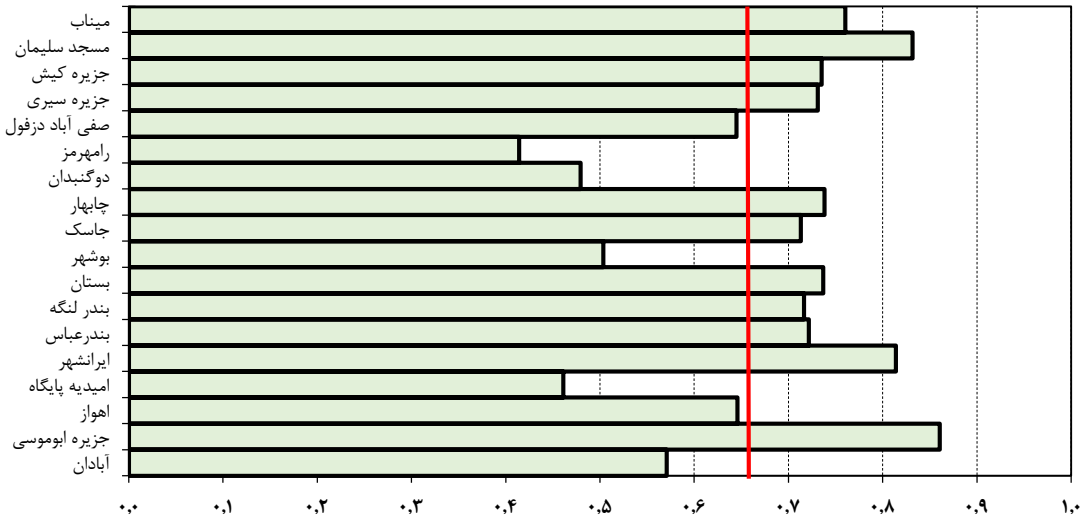
ایستگاه همدیدبانی	میانگین (میلی‌متر)	انحراف معیار (میلی‌متر)	کمینه (میلی‌متر)	بیشینه (میلی‌متر)	میانگین تعداد رخداد سالانه	انحراف معیار	بزرگ‌ترین رخداد بارش در دوره (میلی‌متر)
آبادان	۱۵۹	۶۳	۳۷	۲۹۸	۳۱	۷	۴۱
جزیره ابوموسی	۱۲۷	۸۸	۱۲	۳۳۰	۱۷	۷	۳۲
اهواز	۲۲۶	۹۰	۷۴	۴۶۹	۳۹	۹	۵۴
امیدیه پایگاه	۲۵۹	۷۷	۱۴۷	۴۱۱	۴۱	۸	۵۴
ایرانشهر	۱۰۹	۵۳	۶	۲۰۸	۲۰	۹	۴۹
بندرعباس	۱۷۱	۱۰۱	۲۴	۳۷۶	۲۰	۸	۳۴
بندر لنگه	۱۳۲	۸۵	۱۸	۴۰۳	۱۷	۷	۳۳
بستان	۲۰۰	۸۴	۵۱	۳۹۷	۳۷	۹	۵۴
بوشهر	۲۶۸	۱۲۳	۲۰	۶۵۹	۳۷	۱۲	۸۸
جاسک	۱۲۰	۱۰۱	۸	۵۳۳	۱۴	۷	۲۹
چابهار	۱۱۸	۹۶	۱	۵۳۹	۱۱	۷	۳۱
دوگنبدان	۴۳۹	۱۳۶	۱۳۸	۷۰۷	۴۶	۹	۶۲
رامهرمز	۲۹۷	۹۸	۱۳۵	۵۱۵	۴۵	۱۵	۱۰۵
صفی‌آباد دزفول	۳۲۳	۱۰۶	۱۳۲	۵۹۶	۴۵	۱۰	۶۶
جزیره سیری	۱۱۴	۸۲	۷	۳۶۷	۱۷	۸	۳۵
جزیرهٔ کیش	۱۴۹	۹۵	۸	۳۸۲	۱۹	۷	۳۴
مسجد سلیمان	۴۲۱	۱۲۸	۱۴۲	۶۳۶	۴۷	۱۰	۶۶
میناب	۲۱۲	۱۱۰	۳۰	۵۰۳	۲۱	۸	۳۷
مجموع	۲۱۴	۶۱	۱	۷۰۷	۲۹	۶	۱۰۵

۳-۲. رابطهٔ بین مقدار بارش (میلی‌متر) و تعداد رخداد سالانه

بررسی رابطهٔ بین مقدار بارش (میلی‌متر) و تعداد رخداد سالانه، نشان‌دهندهٔ وجود همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد در هریک از ایستگاه‌های هواشناسی بود، به‌طوری‌که در طی ۳۳ سال، با افزایش بارش سالانه، تعداد رخدادها نیز افزایش یافت.. بیشترین ضریب همبستگی سالانه در ایستگاه ابوموسی (۰/۸۶) و کمترین آن مربوط به ایستگاه رامهرمز (۰/۴۱) بود (شکل‌های ۲ و ۳). میانگین ضریب همبستگی در ناحیهٔ صحارا–سندی نیز ۰/۶۷ (انحراف معیار ۰/۱۳) بود.



شکل ۲. همبستگی بارش سالانهٔ و تعداد رخداد در دو ایستگاه ابوموسی (شکل بالا، بیشترین همبستگی) و رامهرمز (شکل پایین، کمترین همبستگی) در طول دورهٔ آماری ۳۳ ساله (۱۳۹۸-۱۳۶۶)



شکل ۳. ضریب همبستگی (r) بین مقدار بارش (میلی‌متر) و تعداد رخداد سالانه در ایستگاه‌های ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی (۱۳۹۸-۱۳۶۶) (خط قرمز، میانگین ضریب همبستگی را در ناحیهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.)

۳-۳. بارش و رخدادهای فصلی

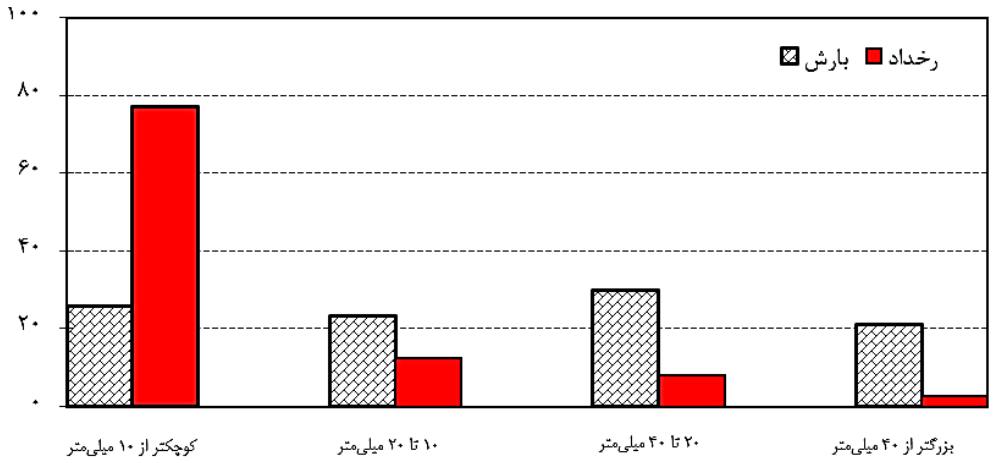
در ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی بیشترین و کمترین مقدار بارندگی فصلی به‌ترتیب مربوط به فصل‌های زمستان (۱۰۸ میلی‌متر، ۵۳ درصد بارش سالانه) و تابستان (۳ میلی‌متر، ۲ درصد بارش سالانه) بود (جدول ۳). فصل بهار، ۳۰ میلی‌متر (۱۵ درصد بارش سالانه) و پاییز، ۷۲ میلی‌متر (۳۰ درصد بارش سالانه) بارندگی را داشتند. در دورهٔ مورد مطالعه، بیشترین میانگین مقدار بارش فصلی در بهار، تابستان، پاییز و زمستان به‌ترتیب در ایستگاه‌های مسجد سلیمان (۶۸ میلی‌متر)، ایرانشهر (۱۶ میلی‌متر) و دوگنبدان (۱۵۶ میلی‌متر و ۲۱۷ میلی‌متر) بود (جدول ۳). بیشینهٔ مطلق بارش فصلی نیز در طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۸، بهار ۲۵۱ میلی‌متر (مسجد سلیمان، سال ۱۳۷۱)، تابستان ۱۰۷ میلی‌متر (ایرانشهر، سال ۱۹۷۲)، پاییز ۴۴۸ میلی‌متر (دوگنبدان، سال ۱۳۷۹) و زمستان ۴۷۸ میلی‌متر (دوگنبدان، سال۱۳۸۲) ثبت شد (جدول ۳). اختلاف بین کمینه و بیشینهٔ بارش فصلی در طی دورهٔ ۳۳ ساله، در فصل زمستان بیش از سایر فصل‌ها بود (۲۰۷ میلی‌متر) (جدول ۳). میانگین تعداد رخداد بارش در فصل زمستان (۱۵ رخداد) و در فصل پاییز (۸ رخداد) ثبت شده است. فصل‌های بهار و تابستان به‌ترتیب شامل شش و یک رخداد بودند. در دورهٔ مطالعه، اختلاف بین بیشینه و کمینهٔ تعداد رخداد بارش فصلی، در زمستان از سایر فصول بیشتر بود (۱۶ رخداد). بیشینهٔ مطلق تعداد رخداد بارش نیز در زمستان ثبت شد (۶۴ رخداد، رامهرمز سال ۱۳۶۵). در فصل زمستان، روند بارش فصلی در هشت ایستگاه جزیرهٔ ابوموسی، آبادان، اهواز، مسجد سلیمان، رامهرمز، جزیره کیش، بندرلنگه و جاسک معنی‌دار کاهشی بود و در بقیهٔ فصل‌ها، روند معنی‌داری مشاهده نشد. در فصل زمستان، روند کاهشی معنی‌دار در تعداد رخدادهای بارش فقط در سه ایستگاه آبادان، رامهرمز و جزیرهٔ سیری مشاهده شد.

جدول ۳. مشخصهٔ بارش و رخدادهای فصلی در ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی در دورهٔ ۳۳ ساله از (۱۳۹۸-۱۳۶۶)

فصل	میانگین بارش (میلی‌متر) (درصد سالانه)	کمینه-بیشینهٔ بارش در دوره (میلی‌متر)	بیشینهٔ مطلق بارش (میلی‌متر)	میانگین تعداد رخداد (درصد سالانه)	کمینه-بیشینهٔ تعداد رخداد بارش در دوره	بیشینهٔ مطلق تعداد رخداد بارش
بهار	۳۰ (۱۵)	۱-۸۷	۲۵۱	۶ (۲۰)	۱-۱۰	۲۴
تابستان	۳ (۲)	۰-۱۲	۱۰۷	۱ (۲)	۰-۲	۱۲
پاییز	۷۲ (۳۰)	۶-۱۸۹	۴۴۸	۸ (۵۱)	۲-۱۷	۲۸
زمستان	۱۰۸ (۵۳)	۴۲-۲۴۹	۴۷۸	۱۵ (۲۷)	۹-۲۵	۶۴

۳–۴. طبقه‌بندی بارش و رخدادها

پراکنش بارش در طبقات کمتر از ۱۰، ۲۰–۱۰، ۴۰–۲۰ و بیشتر از ۴۰ میلی‌متر نشان داد که در طبقهٔ بیشتر از ۴۰ میلی‌متر، کمترین بارش سالانه (۴۵ میلی‌متر، ۲۱ درصد از بارش سالانه) و در طبقهٔ ۴۰–۲۰ میلی‌متر، بیشترین بارش سالانه (۶۴ میلی‌متر، ۳۰ درصد از بارش سالانه) رخ داده است (شکل ۴). درصد تعداد رخدادهای باران در طول سال، در طبقه کمتر از ۱۰ میلی‌متر از سایر طبقه‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر بود (۷۷ درصد). کمترین درصد تعداد رخداد باران نیز مربوط به طبقهٔ بیشتر از ۴۰ میلی‌متر بود (۳ درصد) (شکل ۴).



شکل ۴. درصد بارش و درصد تعداد رخداد سالانه در چهار طبقهٔ کمتر از ۱۰ ،۲۰–۱۰ ۴۰–۲۰ و بیشتر از۴۰ میلی‌متر در ایستگاه‌های ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی طی دورهٔ آماری ۳۳ ساله (۱۳۹۸–۱۳۶۶)

۳–۵. فراوانی روزهای خشک

در طی دورهٔ ۳۳ ساله، میانگین بیشترین تعداد روز خشک سال مربوط به ایستگاه چابهار (۳۵۴ روز)، کمترین آن مربوط به ایستگاه مسجد سلیمان (۲۶۰ روز) و میانگین تعداد روز خشک سال در ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی ۳۳۶ روز بود (بیشترین تعداد روز خشک سال در چابهار در سال ۱۳۹۷ ثبت شد). میانگین حداکثر فاصلهٔ بین روزهای بارانی در دورهٔ مورد مطالعه نیز ۱۸۶ روز بود که بیشترین فاصله مربوط به ایستگاه چابهار (۳۸۸ روز) و کمترین آن مربوط به ایستگاه بندرعباس (۴۸ روز) بود. آزمون من‌کندال، روند تعداد روزهای خشک سال را در هیچ یک از ایستگاه‌ها معنی‌داری نشان نداد.

۴. بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میانگین بارش سالانهٔ درازمدت در سراسر ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی ۲۱۴ میلی‌متر با اختلاف زیاد (۳۳۰ میلی‌متر) بین ایستگاه‌های این ناحیهٔ رویشی است. بیشترین بارش مربوط به شرق این ناحیه (دوگنبدان ۴۳۹ میلی‌متر) و کمترین آن مربوط به غرب این ناحیه (ایستگاه ایرانشهر ۱۰۹ میلی‌متر) بود (جدول ۲). در این پژوهش، تغییرات روند بارش سالانه در ۱۸ ایستگاه ناحیهٔ صحارا–سندی در طی دورهٔ آماری بلندمدت ۳۳ ساله بررسی شد و تنها در دو ایستگاه رامهرمز و جزیرهٔ کیش، بارش سالانه روند معنی‌داری (۱۱ درصد روندهای بارش) داشت. اما پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۵، حدود ۳۰ درصد از روندهای بارش در ناحیه معنی‌دار کاهشی بودند (ابوموسی، دوگنبدان، جزیره کیش، رامهرمز، صفی‌آباد) [۱۸] و دلیل اختلاف به تفاوت دوره‌های آماری برمی‌گردد. میانگین تعداد رخداد سالانه در این ناحیهٔ رویشی، ۲۹ رخداد (اندازهٔ رخداد ۷/۵ میلی‌متر) با تغییرات زیاد در سراسر این ناحیه بود، به‌طوری‌که میانگین تعداد رخداد در چابهار (منتهی‌الیه جنوب شرقی کشور)، ۱۱ (اندازهٔ رخداد ۱۰/۷ میلی‌متر) و در مسجد سلیمان (در غرب)، ۴۷ (اندازهٔ رخداد ۸/۹ میلی‌متر)

است. نکتهٔ حائز اهمیت این است که در طی ۳۳ سال گذشته، با افزایش یا کاهش بارش سالانه در این ناحیه، تعداد رخدادها نیز کاهش یا افزایش یافته است، بدین‌معنی که همبستگی بین بارش و تعداد رخداد سالانه، در تمام ایستگاه‌ها معنی‌دار بود، اگرچه این ضریب همبستگی در بین ایستگاه‌ها تغییرات زیادی داشت (از ۰/۴۱ تا ۰/۸۶) (شکل ۳). نتایج نشان داد که روند میانگین اندازهٔ رخداد سالانه در هیچ یک از ایستگاه‌ها و نیز در کل ناحیهٔ رویشی معنی‌دار نبود و اندازهٔ رخدادها در طول این دوره تغییر محسوسی نداشته است. در هر بارندگی، تنها قسمتی از نزولات بارش که از طریق تبخیر، تعرق، رواناب و عبور از ریشه از دسترس گیاه خارج نشده باشد، مورد استفاده گیاهان قرار می‌گیرد. این میزان بارش، بارندگی مؤثر خوانده می‌شود که در بارش‌های کوتاه‌مدت با شدت کم، بیشتر هست. توزیع نامناسب بارش در هر رخداد، می‌تواند منجر به عدم تأمین نیاز آبی گیاهان، ایجاد سیل و خشکسالی‌ها در این ناحیه شود. بنابراین، بررسی رخدادهای بارش بسیار حائز اهمیت است [۱۵، ۱۶]. پژوهش‌های پیشین نشان دادند اگرچه مقدار بارش سالانه روند معنی‌دار افزایشی یا کاهشی مشخصی در کل ایران نداشت، ولی تعداد رخدادهای بارش شدید در برخی مناطق، افزایش داشته‌اند [۱۴]. بررسی سراسری شاخص تمرکز ۹۰ ایستگاه هواشناسی در ایران نشان داد که وقایع حدی با شدت زیاد و تعداد کم، سهم بیشتری در بارش سالانهٔ کشور دارند [۱۷].

نتایج نشان داد که ۸۳ درصد بارش سالانه (۷۸ درصد کل رخدادها) در نیمهٔ دوم سال رخ می‌دهد و فصل تابستان، این ناحیهٔ رویشی خشک است (جدول ۳). به‌صورت کاملاً استثنایی، ایرانشهر در تابستان ۱۳۷۲، ۱۰۷ میلی‌متر بارش داشته است (جدول ۳). اگرچه بارش فصل بهار در این ناحیهٔ رویشی، به‌طور میانگین ۱۵ درصد است، ولی ایستگاه‌های هواشناسی بین ۲۵۱ میلی‌متر در مسجد سلیمان تا ۷۶ میلی‌متر در آبادان، حداکثر بارش مطلق فصل بهار را در کارنامهٔ خود ثبت کرده‌اند (جدول ۳). روند بارش فصلی نشان داد که در هیچ یک از سه فصل بهار، تابستان و پاییز، روند معنی‌داری مشاهده نمی‌شود، در حالی‌که روند بارش زمستان در هشت ایستگاه معنی‌دار بود. جابجایی و کاهش یا افزایش بارش‌های فصلی می‌تواند به بروز و تشدید خشکسالی و یا سیل‌های مخرب منتهی شود. بیشترین تعداد رخداد بارش در این ناحیهٔ رویشی در فصل زمستان، ۶۴ رخداد و در فصل پاییز، ۲۸ رخداد بود (جدول ۳). داده‌های این پژوهش نشان می‌دهد که به‌طور متوسط تنها در هشت درصد روزهای سال، بارش ثبت شده است (میانگین تعداد روز خشک سال ۳۳۶ روز است). میانگین فاصلهٔ بین روزهای بارانی در دورهٔ ۳۳ ساله در ایستگاه‌های مختلف بین ۱۴۰ تا ۲۴۲ روز متغیر بود (میانگین ۱۸۶ روز)، ضمن اینکه بیشترین فاصله بین روزهای بارانی نیز از ۲۰۶ تا ۳۸۸ روز (میانگین ۲۷۳ روز) نوسان داشت. اگرچه روند تعداد روزهای خشک سال در این ناحیهٔ رویشی معنی‌دار نبود، ولی کمترین فاصله بین روزهای بارانی که بین ۴۸ تا ۱۶۶ روز (میانگین ۹۴ روز) نوسان داشت، نشان می‌دهد که این ناحیه مستعد تنش آبی و خشکسالی است.

طبقه‌بندی بارش در چهار طبقهٔ کمتر از ۱۰، ۲۰-۱۰، ۴۰-۲۰ و بیشتر از ۴۰ میلی‌متر نشان داد که مقدار بارش سالانه به‌طور تقریباً مساوی (بین ۲۰ تا ۳۰ درصد) بین طبقات مذکور توزیع شده است (شکل ۴). این در حالی است که ۷۷ درصد رخدادهای بارش (حدود ۱۳۳۰۰ رخداد) کوچک‌تر از ۱۰ میلی‌متر و نیز رخدادهای بیشتر از ۴۰ میلی‌متر فقط ۴۵۰ رخداد بوده‌اند (شکل ۴). ایستگاه‌های دوگنبدان و مسجد سلیمان به‌ترتیب با ۶۴ و ۵۲ رخداد بارش بیشتر از ۴۰ میلی‌متر در صدر ایستگاه‌ها قرار دارند. به‌طور کلی، بارش‌های شدید اثرات مخرب زیادی دارند و تداوم آن‌ها، باعث افزایش فرسایش خاک و تخریب جنگل‌ها نیز خواهد شد [۱۷]. بررسی وقایع حدی طی دورهٔ ۱۹۵۴ تا ۲۰۱۳ نشان داد که فراوانی بارش در طبقات پایین‌تر، افزایش و در طبقات بالاتر، کاهش یافته است [۱۵]. تغییرات اقلیمی می‌تواند مشخصه‌های بارش را تغییر دهد و منجر به افزایش شدت و فراوانی سیل‌ها و خشکسالی‌ها شود که اثرات مخربی بر محیط‌زیست و جامعه دارد [۱۲، ۱۳]. برخی از شاخص‌های بارش ایران در سال‌های گذشته دچار تغییر شده‌اند که این تغییرات شامل کاهش تعداد روزهای بارانی و افزایش تعداد روزهایی با باران‌های سیل‌آسا بوده‌اند [۱۴].

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بارش و مشخصه‌های آن (تعداد رخداد بارش، نحوه پراکنش آن و مقدار بارش) تأثیر به‌سزایی بر دورهٔ رویش و عملکرد بوم‌سازگان‌های جنگلی در ناحیهٔ رویشی صحارا-سندی دارد و تغییرات بارش از نظر شدت، مدت و مقدار، می‌تواند نظم موجود در بوم‌سازگان‌ها را برهم زند. بنابراین، لازم است بارش در این ناحیهٔ رویشی با بوم‌سازگان‌های جنگلی ارزشمند، به‌طور پیوسته مورد

ارزیابی قرار گیرد. این پژوهش، بیانگر مشخصه‌های بارش سالانه و فصلی ناحیهٔ رویشی صحارا–سندی است و این مشخصه‌ها در اثر تغییر اقلیم تغییر می‌کنند. با توجه به افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی، لازم است علاوه بر بارش، سایر پارامترهای اقلیمی نیز مورد توجه و بررسی مستمر قرار گیرند، چرا که مجموعه عوامل اقلیمی می‌تواند منجر به آشفتگی در بوم‌سازگان‌ها شود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی پایش سایر عوامل اقلیمی نیز در کنار بارش مورد توجه قرار گیرد.

۶. منابع

[1] Tavangar, S., Moradi, H., & Massah Bavani, A. (2018). Climate change effect on the rainfall amount and intensity in the southern coast of the Caspian Sea. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 10(2), 190-204. (In Persian)

[2] Torabi Poudeh, H., Izadjoo, F., & Hamezade, P. (2018). The trend changing analysis of total and effective rainfall in Iran. *Iranian Water Research Journal*, 12(4), 1-10. (In Persian)

[3] Dolatshahi, A., Attarod, P., Zahedi Amiri, G., Sadeghi, S.M.M., & Byramzadeh, V. (2017). Trends of meteorological parameters and reference evapotranspiration in the Northern Zagros Region. *Journal of Forest and Wood Products*, 70(2), 251-260. (In Persian)

[4] FAO (2013). Climate change guidelines for forest managers, FAO Forestry Paper No. 172. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[5] Attarod, P., Garoosiha, M., Mehdikhani, M.J., & Beiranvand, V. (2022). Trends analysis of annual and seasonal precipitation characteristics in the Hyrcanian region of northern Iran. *Journal of Range and Watershed Management*, 74(4), 785-798. (In Persian)

[6] Aziz Ebrahim, M., Saligheh, M., Nassrzadeh, M.H., & Alijani, B. (2022). The role of climate change in the movement of climatic seasons in Iran. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 22(64), 1-16. (In Persian)

[7] Gholipour, J., Mousavi Bayegi, M., Babaeian, I., & Jabbari Nooghabi, M. (2021). Investigating the trend of extreme precipitation events in south Khorasan province due to climate change. *Climatologist Research Journal*, 12(46), 29-42. (In Persian)

[8] Sohoulande Djebou, D.C., & Singh, V.P. (2016). Impact of climate change on precipitation Patterns: a comparative approach. *International Journal of Climatology*, 36(10), 3588-3606.

[9] Amiri, M.J., & Eslamian, S. (2010). Investigation of climate change in Iran. *Journal of Environmental Science and Technology*, 3(4), 208-216. (In Persian)

[10] Sagheb Talebi, K., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. (2014). *Forests of Iran; A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Springer.

[11] Khosroshahi, M. (2013). Estimating water requirement of *Prosopis juliflora* at different habitats of Persian Gulf - Oman Sea region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), 300-315. (In Persian)

[12] Mortazavifard, S.M., Mobin, M.H., Mokhtari, M.H., Ekrami, M. & Rafiei Sardooi, E. (2019). Evaluation of the impact of climate change on precipitation and temperature variables based on the RCP scenarios: A case study of the east of Mazandaran province, Iran. *Journal of Meteorology and Atmospheric Science*, 1(4), 351-364. (In Persian)

[13] Rahmat, A., Khoiru Zaki, M., Effendi, I., Mutolib, A., Yanfika, H. & Listiana, I. (2019). Effect of Global Climate Change on Air Temperature and Precipitation in Six Cities in Gifu Prefecture, Japan. *Journal of Physics: Conference Series*, 1155, 1-9.

[14] Doostan, R. (2020). An analysis of rainfall changes in Iran. *Journal of Climate Research*, 10(40), 13-25. (In Persian)

[15] Asakereh, H., & Hosseinjani, L. (2019). Spatial relationship modeling of the sum frequency of monthly heavy precipitation occurrence (cool seasons) in Iranian coastal region of Caspian Sea. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 7(4), 165-182. (In Persian)

[16] Khaleghi, N. (2016). Comparison of effective rainfall estimation methods in agriculture. *Journal of Water and Sustainable Development*, 2(2), 51-58.

[17] Alijani, B., O'Brien, J.J., & Yarnal, B. (2008). Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. *Theoretical and Applied Climatology Journal*, 94(1), 107-124.

[18] Attarod, P. (2018). Projections of climate change, evapotranspiration, and net primary production over Iran's climatic zones using general circulation models, Joint research project of Iran national science foundation (INSF) and the international partnership program of Chinese academy of sciences (CAS) in the frame of Silk Road science fund (SRSF).